

RESIDUALES LÍQUIDOS GENERADOS EN LABORATORIOS DOCENTES DE QUÍMICA. ALTERNATIVAS PARA SU TRATAMIENTO.

**Ing. José Luis Laucerica Núñez¹, MSc. Damarys González Rodríguez², Ing. Yumisán de
Bárbara Sánchez Linares³**

¹ *Departamento de Química e Ingeniería Química. Facultad de Ingenierías. Universidad de Matanzas
Camilo Cienfuegos. Cuba.*

² *Centro de Estudios de Medio Ambiente y Energía (CEMAE). Facultad de Ingenierías. Universidad de
Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba.*

³ *Centro Provincial de Higiene y Epidemiología. Matanzas. Cuba*

Resumen

El impacto ambiental que se genera a partir del vertimiento de residuales líquidos de los laboratorios docentes de química, es un tema de prioridad, por lo que resulta de vital importancia aplicar tratamientos en el origen a partir de las características físico – químicas de los residuales. El tratamiento por filtración y neutralización de los residuales generados en los laboratorios docentes de química en la Universidad de Matanzas, en las prácticas de laboratorios de Química General y Análisis Químico garantiza que los residuales cumplan con la calidad requerida para su vertimiento. Se parte de un residual cuyas características son: densidades similares a las del agua, se obtienen valores de pH donde predominan los básicos y presentan contenidos relativamente altos de materia orgánica dada la naturaleza de los mismos, que oscilan entre 40 mg/L y 2724 mg/L. En cuanto a valores de sólidos totales (33568 mg/L) sobrepasan las normas de vertimiento. Posterior al tratamiento realizado se obtienen porcentos de remoción de: 100% para sólidos sedimentables totales, entre 81 – 91% para sólidos totales y de 45 – 57% para la demanda química de oxígeno.

***Palabras Claves:** Residuales, Residuales Líquidos, Tratamientos, Filtración, Neutralización.*

Introducción.

Para garantizar la calidad de los residuales a tratar en los sistemas de tratamientos, es de gran importancia que las corrientes de afluentes que a ellos se incorporan, cumplan con requisitos indispensables, estos se logran con el correcto manejo que se lleve a cabo en el origen de su generación.

Los laboratorios docentes de química, manejan gran cantidad de productos y efectúan diversas operaciones que conllevan la generación de residuos, que en su mayoría resultan dañinos para la salud y el medio ambiente. Aunque el volumen de estos residuos es generalmente pequeño en relación al proveniente del sector industrial, no debe subvalorarse el problema que estos puedan ocasionar.

Unas adecuadas condiciones de trabajo en laboratorios implican inevitablemente el control, tratamiento y eliminación de los residuos generados en los mismos, por lo que su gestión es un

aspecto imprescindible en la organización de este tipo de instalaciones (Gadea E y Guardino X, 2009).

El tipo de tratamiento y gestión de los residuos del laboratorio depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta muy aconsejable.

Conocer la composición química de los residuales y las formas de tratamiento permite la realización de acciones para minimizar el impacto que provocan en las instalaciones de los respectivos laboratorios y particularmente en las instalaciones de desagüe. A su vez los resultados son de gran utilidad en el aspecto educativo del estudiante universitario en lo que se refiere al aspecto medioambiental por la posibilidad de realizar acciones sencillas para disminuir la agresividad de estos residuales, de esta manera crear una conciencia de protección y cuidado al medio ambiente, como parte de su formación integral.

Contaminación ambiental.

La contaminación ambiental es una alteración indeseable de las características físicas, químicas o biológicas del aire, el suelo y el agua que pueden o no afectar adversamente la vida humana en cuanto a su salud, amenazar sus actividades de supervivencia, modificar sus recursos culturales y afectar la supervivencia de otras especies (Padilla, 1999).

La contaminación de las aguas es uno de los factores importantes que rompe la armonía entre el hombre y su medio ambiente. Un curso de agua se considera contaminado cuando la composición o el estado de sus aguas son directa o indirectamente modificados por la actividad del hombre, en una medida tal, que disminuye la facilidad de utilización para todos aquellos fines, o algunos de ellos, a los que pudieran servir en estado natural (Hernández, 1998).

Gestión de la contaminación.

Para disminuir los riesgos que representan para la salud y el medio ambiente el manejo de residuos contaminantes, es necesario elaborar e implantar un sistema de gestión acorde a las necesidades ambientales. Un sistema de esta naturaleza comprende un conjunto de medidas preventivas, que deben contemplar tanto la disminución de la generación de residuos como su peligrosidad y asegurar el uso de buenas prácticas de gestión en el almacenamiento, transporte, reciclado, tratamiento y disposición final de los residuos (Sánchez, 2009). Para ello es esencial

conocer la real dimensión y complejidad del problema, a efectos de diseñar soluciones, sobre la base de una visión sistémica (Martínez. J y col, 2005).

Entre las vías que se valoran en la actualidad para lograr la reducción del volumen de los residuos se encuentran:

- Disminuir la generación de residuos, para ello se debe limitar o aprovechar más las materias primas disponibles.
- Reciclar o transformar los residuos, así se pueden utilizar en otras aplicaciones.

Como muestra el esquema de la figura 1, la jerarquía para la gestión de los residuos se encuentra compuesta por una pirámide invertida, donde el elemento fundamental es evitar la generación de residuales, esto se puede a consideración de la autora través de un consumo sustentable, con la implementación de prácticas de producción más limpia dentro de los procesos y servicios y otros mecanismos que tributen alcanzar un estado deseado.

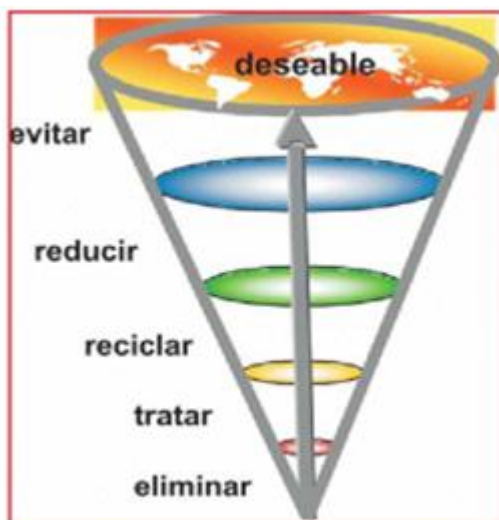


Figura 1. Jerarquía de las opciones en la gestión de la contaminación.

Fuente: Martínez. J y col, 2005. Guía para la gestión integral de los residuos peligrosos, Montevideo. Uruguay.

Las técnicas de gestión de la contaminación (Serrano. J. H y col, 2006), incluyen:

- Reducción en la fuente: Es la opción más deseable y la manera más eficiente de disminuir el riesgo. Consiste en la aplicación de cualquier alternativa (tecnologías, prácticas, métodos) que previene, reduce o elimina la generación de contaminantes en la propia fuente de

emisión.

- Reciclaje/ reuso: Cuando la contaminación no se puede evitar a través de métodos de reducción en la fuente, los residuos que tienen utilidad deben recuperarse para su procesamiento en nuevos productos, o para su reutilización en la forma original.
- Tratamiento: Cuando la reducción en la fuente y el reuso y reciclaje ya se han empleado hasta sus máximas posibilidades o no son aplicables, resulta conveniente utilizar métodos de tratamiento de residuos para mitigar el impacto ambiental de los contaminantes que ellos contienen.
- Descarga / disposición: Es el vertimiento, depósito o enterramiento, según sea el caso, de los materiales contaminantes en un medio ambiental determinado (agua, aire, suelo), una vez agotadas las posibilidades anteriores.

Residuales. Clasificación.

Se entiende por residuo todo aquello que se genera como consecuencia no deseada de una actividad humana y, en general, de cualquier ser vivo (Doménech, 1993; Tchobanoglous, 2007).

Las aguas residuales o residuales líquidos, considerando su origen, son la combinación de agua y residuos procedentes de diferentes actividades socioeconómicas y productivas, industrias, viviendas, instalaciones agropecuarias a las que pueden agregarse de forma eventual determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Benavides, 2007). Deben considerarse una materia prima que contiene una cierta cantidad de productos útiles como: el agua, la materia orgánica y algunas sales, pero que además posee otros productos perjudiciales que es necesario eliminar y posteriormente lograr el aprovechamiento de los restantes mediante la aplicación más beneficiosa de las mismas (Hönerhoff, 2005)

Los residuos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, por ejemplo: estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos o efectos potenciales derivados del manejo (Martínez. J y col, 2005.)

Según el estado físico en que se encuentran los residuos, se pueden clasificar en: sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos.

En la clasificación de los residuales líquidos autores como Serrano, J.H y colaboradores, 2006 plantean que estos, atendiendo al origen de su generación se clasifican en:

- Domésticos: aguas residuales generadas en asentamientos poblacionales, escuelas,

instalaciones turísticas, edificios públicos, centros comerciales e instalaciones sanitarias de las industrias, que se componen fundamentalmente de desperdicios humanos.

- Industriales: aguas residuales resultantes de la actividad manufacturera, la industria extractiva y el procesamiento de los productos de la actividad agropecuaria.
- Agropecuarios: aguas residuales generadas en las instalaciones agropecuarias (centros porcinos, vaquerías, granjas avícolas, producciones agrícolas).
- Municipales: combinación de aguas residuales provenientes de residencias, edificios públicos, establecimientos comerciales, sistemas de drenaje pluvial y algunas industrias.

Características de las aguas residuales.

Las características de las aguas residuales se clasifican en físicas, químicas y biológicas (Metcalf and Eddy, 2000; Fania, 2000).

Características físicas.

Las características físicas del agua residual según Izquierdo. E y Menéndez. C, 2008 son: sólidos totales, sólidos sedimentables, sólidos en suspensión, sólidos filtrables, sólidos coloidales, sólidos disueltos, sólidos volátiles y sólidos fijos. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

Características químicas.

Las características químicas de las aguas residuales son la materia orgánica, la medición del contenido orgánico, la materia inorgánica y los gases presentes en el agua residual (Águila. I y Ríos. L, 2009).

Características biológicas y microbiológicas.

Se debe tener un conocimiento exhaustivo de las características biológicas de las aguas residuales. Conocer los principales grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas superficiales como residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos, organismos patógenos presentes en las aguas residuales, organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia, métodos empleados para determinar los organismos indicadores y métodos empleados para determinar la toxicidad de las aguas tratadas.

Los principales grupos de organismos patógenos son: las bacterias, los virus, los protozoos y los helmintos. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera. (Solórzano, 1996).

Indicadores de calidad de las aguas residuales.

Existen parámetros físicos, químicos y biológicos para evaluar los cambios que las diferentes aplicaciones del agua puedan originar en su calidad. A estos parámetros se les denomina indicadores de la calidad del agua (Seoáñez, 1999; Rolim, 2000; Menéndez. C y Pérez J.M, 2006)

Indicadores físicos.

Olor: Las aguas residuales urbanas emiten más olores en las épocas cálidas y fundamentalmente en días de inestabilidad meteorológica (Seoáñez, 1999). Son causados por los gases formados en el proceso de descomposición anaerobia y presentan diferentes tipos de olores.

Apariencia: El agua residual es desagradable en su apariencia y en extremo peligrosa, en su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos causantes de enfermedades.

Color: El principal efecto derivado de las alteraciones intensas del color de las aguas lo constituye la contaminación estética, aunque puede llegar a afectar su potabilidad y la presencia de muchos seres vivos. El residuo fresco tiene tonalidad grisácea, mientras que en el residuo séptico el color cambia gradualmente de gris a negro. En los casos de contribución de residuos industriales pueden presentar cualquier otro color.

Turbidez: La turbidez de un agua está ocasionada por la presencia de partículas sólidas en suspensión o coloides, con diámetro de $0,1\mu$; que impiden que la luz se transmita tal como lo haría a través de un agua pura. Las partículas en suspensión pueden ser arcillas, limos, granos de sílice, materia orgánica, entre otras (Menéndez. C y Pérez J.M, 2006.)

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica del agua se refiere a la mayor o menor resistencia del agua a permitir el paso de la electricidad. Una medida de la conductividad de un agua da una estimación acerca de la concentración aproximada de las sales minerales presentes.

Temperatura: Los valores de otros parámetros dependen de la temperatura a la que se encuentre el agua. La conductividad eléctrica de un agua varía con la temperatura porque aumenta o disminuye la solubilidad de las sales y en especial la de los gases, se modifica por tanto la concentración de las especies iónicas presentes. Por razones análogas se explica la variación del pH con la temperatura. La densidad del agua también se afecta; una alteración de la misma modifica los movimientos de mezcla de diferentes masas de agua. La temperatura del agua se considera para poder predecir los intercambios térmicos que van a tener lugar entre el líquido y las instalaciones por las que pase (Menéndez. C y Pérez J.M, 2006.)

Indicadores químicos.

pH: el pH es un parámetro que indica la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en una disolución acuosa. Da información acerca de la acidez del residual (Moreno, J; Buitrón G., 2004). La medida del pH de una disolución se puede realizar por diversos métodos: se emplean indicadores como la fenolftaleína, papeles indicadores o pH metros.

Cloruro: el cloruro, en forma de ión (Cl^-), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. La concentración de cloruro es mayor en las aguas residuales que en las naturales, debido a que el cloruro de sodio es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo. También puede aumentar debido a los procesos industriales. Un contenido elevado de cloruros puede dañar las conducciones metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Dureza: la dureza de un agua corresponde a la suma de las concentraciones de los cationes metálicos. En la mayoría de los casos, la dureza se debe principalmente a los iones calcio y magnesio, a los que se suman a veces los iones hierro, manganeso y estroncio. Los resultados se expresan normalmente en miliequivalentes de carbonato de calcio por litro de solución. Se pueden determinar distintos tipos de dureza (dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica,

dureza carbonatada o temporal, dureza permanente o no carbonatada (Izquierdo. E y Menéndez. C, 2008.)

Sólidos totales: Una de las características físicas más importante de un agua residual es su contenido en sólidos totales y por lo tanto uno de los objetivos fundamentales en la depuración es su eliminación. Los sólidos totales se definen como toda una materia o residuo seco resultante de la evaporación de una muestra de agua residual, independientemente de su naturaleza y de la forma en la que se encuentre en el agua (Díaz, 2006; APHA, AWWA, WPCF, 1992)

Indicadores de la contaminación orgánica.

La variedad de contaminantes orgánicos es amplísima y no es suficiente el empleo de un único indicador para evaluar la contaminación orgánica del agua. Atendiendo a estos aspectos Izquierdo. E y Menéndez. C, 2008 definen los siguientes indicadores.

Carbono Orgánico Total (COT): Es un indicador de los compuestos orgánicos, fijos o volátiles, naturales o sintéticos, presentes en las aguas residuales (celulosa, azúcares, aceites). Su medida facilita la estimación de la demanda de oxígeno ligada a los vertidos, y establece una correlación con la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). En presencia de sustancias nitrogenadas, la medida del Carbono Orgánico Total (COT) está menos sujeta a interferencias por dichas sustancias que la medida de la Demanda Total de Oxígeno (DTO).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): La DBO_5 expresa la cantidad de oxígeno necesaria para biodegradar la materia orgánica. En la práctica, permite apreciar la carga del agua en materia putrescible y su poder autodepurador, y de ello se puede deducir la carga máxima aceptable.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse en un curso de agua, captan parte del oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Estas necesidades de oxígeno al margen de todo proceso biológico, se denominan Demanda Química de Oxígeno (DQO). La medida de la misma es una

estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral. Es un test particularmente útil para apreciar el funcionamiento de las depuradoras.

Oxígeno Disuelto (OD): Los niveles de oxígeno disuelto en aguas naturales y residuales dependen de la actividad física, química y bioquímica del sistema de aguas. Este indicador es una prueba clave en la contaminación del agua y control del proceso de tratamiento de aguas residuales (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Impactos ambientales de los residuales líquidos.

Los impactos ambientales de los principales constituyentes de los residuales líquidos, se resumen a continuación. (Serrano. J. H y col, 2006).

- Los altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno en las aguas naturales, como resultado de las descargas de residuales ricos en materia orgánica, llevan al decrecimiento del oxígeno disuelto y al desarrollo de condiciones sépticas, frecuentemente causa la muerte de la biota acuática.
- Las grasas y aceites causan problemas en el funcionamiento de las redes de alcantarillado y plantas de tratamiento. Cuando flotan en la superficie de las aguas receptoras, interfieren con la aireación natural, pueden ser tóxicas a ciertas especies de peces y de vida acuática, crean peligro de fuego cuando están en suficiente cantidad en el agua, destruyen la vegetación a lo largo de las orillas de los cuerpos receptores y reducen los usos recreativos.
- La temperatura tiene gran influencia en los procesos químicos y biológicos en las aguas superficiales, especialmente en los niveles de oxígeno, fotosíntesis y producción de algas, así como en la biota acuática, particularmente en los peces.
- La acidez del agua, medida como pH, afecta el balance químico y ecológico de los cuerpos receptores y es un factor limitante para ciertos usos del agua.
- Las descargas de residuales líquidos provenientes de asentamientos humanos e instalaciones pecuarias transportan una variedad de organismos patógenos como bacterias, virus, helmintos y protozoos, que son causa de numerosas enfermedades y muertes en los países en desarrollo.
- Los efluentes con altas concentraciones de sólidos disueltos crean problemas de incrustación y corrosión en los sistemas de conducción y causan importantes afectaciones si se descargan al alcantarillado público o se reusan.

- Los sólidos suspendidos pueden afectar significativamente el uso del agua, estos limitan la penetración de la luz y la vida útil del reservorio, dañan el hábitat de los organismos que viven en los fondos acuáticos al generar condiciones anaerobias en el fondo de los lagos, ríos y mares y afectan la vida acuática, desde el fitoplancton hasta los peces.
- Los compuestos orgánicos volátiles liberados a la atmósfera pueden implicar riesgos para la salud pública, conducen a la formación de oxidantes fotoquímicos y pueden afectar la salud de los trabajadores de los sistemas de alcantarillado y de las plantas de tratamiento de residuales líquidos.
- El impacto de los residuales industriales, en específicos aquellos que contienen metales pesados y sustancias químicas orgánicas, es particularmente severo, debido a la persistencia de estos contaminantes, a sus efectos dañinos a bajas concentraciones y a su capacidad para entrar en la cadena alimentaria.

La agresividad de los residuales puede provocar daños en las tuberías conductoras de los residuales hasta su destino final como muestran las fotos de la figura 2 tomadas en las instalaciones de laboratorios docentes de química de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.



Figura 2 Foto que muestra el resultado de la agresividad de los residuales en las instalaciones hidráulicas correspondiente a la red hidráulica de las instalaciones de laboratorios docentes de química de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Fuente: Propia.

Manejo y disposición de residuales líquidos.

Durante muchos años, el manejo y control de los residuales líquidos ha estado dirigido a normar la evacuación en los cuerpos receptores, estableciendo sistemas y grados de tratamiento para

cada tipo de residual y los valores máximos permisibles de los parámetros físicos, químicos y biológicos que deben tener los efluentes vertidos, de acuerdo con las características de cada cuerpo receptor y el uso del agua de éstos. Sin embargo, esta práctica tiene grandes inconvenientes y generalmente no reporta beneficios tangibles desde el punto de vista económico (Hall, H, Matley, J y Mc Naughton, K, 2001.) Modernamente se priorizan acciones de reducción desde la fuente o el reciclaje antes del tratamiento (Serrano, J y col, 2006; Martínez, J y col, 2005.)

Sistemas de tratamientos de residuales líquidos.

El tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo la transformación de la materia orgánica en material inorgánico y la reducción o eliminación de los organismos patógenos (Rolim, 2000).

Varios autores (Rolim, S. 2000; Junco, J. Z.; González, J.C. 2007) coinciden en que es posible combinar y complementar diferentes métodos de tratamiento donde predominan los fenómenos físicos, con aquellos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza mediante procesos químicos o biológicos conocidos como procesos unitarios para lograr diversos niveles de tratamiento a las aguas.

Los sistemas de tratamiento de residuales líquidos se clasifican de acuerdo con diferentes criterios (Serrano, J. y col, 2006), atendiendo a:

- El tipo de proceso utilizado para la remoción de los contaminantes en físicos, químicos y biológicos.
- El grado o nivel de tratamiento que debe aplicarse, en función de los objetivos que se quieren alcanzar: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado (Junco, J. Z. y González, J.C., 2007).
- El objetivo de los diferentes tipos y niveles de tratamiento es en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y que no sea perjudicial para el medio ambiente y la salud humana.

Tratamiento físico: Son todos aquellos en los que se utilizan las fuerzas físicas para el tratamiento. En general se utilizan en todos los niveles. Sin embargo algunas de las operaciones son propias de la fase de pretratamiento. Algunas de las operaciones físicas son:

- Tamizado.
- Homogenización de caudales.
- Intercepción de aceites y grasas.
- Mezclado.
- Sedimentación.
- Flotación natural o provocada con aire.
- Filtración: con arena, carbón, cerámicas.
- Evaporación.
- Adsorción: con carbón activo, zeolitas.
- Desorción: se transfiere el contaminante al aire.
- Extracción: con líquido disolvente que no se mezcla con el agua.

Tratamiento Químico. Son todos aquellos procesos en los que la eliminación de los contaminantes presentes en el agua residual se lleva a cabo mediante la adición de reactivos químicos, o bien mediante las propiedades químicas de diversos compuestos. Se utiliza junto con tratamientos físicos y biológicos. Algunas de las operaciones químicas son:

- Coagulación - floculación. Agregación de pequeñas partículas con el uso de coagulantes y floculantes (sales de hierro, aluminio y polielectrólitos).
- Precipitación química. Eliminación de metales pesados los cuales se hacen insolubles con la adición de hidróxido de calcio (lechada de cal), hidróxido sódico u otros que incrementan el pH.
- Oxidación – reducción: con oxidantes como el peróxido de hidrógeno, ozono, cloro, permanganato potásico o reductor como el sulfito sódico.
- Reducción electrolítica. Provoca la deposición en el electrodo del contaminante. Se usa para recuperar elementos valiosos.
- Intercambio iónico: con resinas que intercambian iones. Muy utilizado en la eliminación de dureza del agua.

- Osmosis inversa. Se hace pasar el agua a través de membranas semipermeables que retienen los contaminantes disueltos.
- Neutralización: con sustancias ácidas o alcalinas, hasta alcanzar un pH neutro.

Tratamiento Biológico. Se basan en fenómenos naturales de degradación, metabolismo y utilización de los productos contenidos en el agua residual (Seoánez. M, 1999).

El tratamiento biológico del agua residual tiene como objetivo la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica que se encuentra suspendida y disuelta en la misma, mediante la acción de microorganismos. En este proceso se produce una serie de reacciones bioquímicas mediante las cuales los microorganismos utilizan la materia presente en el agua, la sintetizan y aprovechan la energía.

Los procesos de tratamiento biológico generalmente se utilizan como tratamientos secundarios, siendo precedidos por operaciones de filtración, sedimentación y/o separaciones mecánicas.

Para Izquierdo. E y Menéndez. C, 2008, los sistemas de tratamiento biológico en general, deben separar primeramente la materia sólida que contiene el residual y deben lograr siempre la máxima producción, máxima economía y la utilidad y aplicación social de los productos y del agua, recuperados o producidos.

Los tratamientos biológicos se pueden clasificar según la presencia o ausencia de oxígeno disuelto en los mismos, en aerobios y anaerobios, donde intervienen microorganismos aerobios o anaerobios. En los casos en que intervienen microorganismos facultativos, estos se adaptan a las condiciones existentes.

El pretratamiento de las aguas residuales es un tratamiento previo, diseñado para remover partículas grandes, se realiza para preservar las instalaciones mediante la eliminación de aquellos constituyentes que pueden provocar problemas posteriores en el funcionamiento de las diferentes operaciones y procesos (Theodore, 1999; Junco, J. Z. y González, J.C. 2007).

En esa primera etapa se emplean procesos físicos o mecánicos para las separaciones de sólidos groseros, tales como tamices, rejillas, cribas de malla fina, desmenuzadoras y separadoras de aceite y grasa.

Tratamiento primario. Su objetivo es preparar al residual para recibir el tratamiento fundamental, químico o biológico. En este tratamiento se elimina un gran porcentaje de sólidos en suspensión, sobrenadante y materia inorgánica. En este nivel se hace sedimentar los materiales suspendidos con el uso de tratamientos físicos o fisicoquímicos. También se utiliza la flotación.

Las operaciones que incluye son el desaceitado y desengrase, la sedimentación primaria, la filtración, la neutralización y la desorción. Estos procesos se realizan en depósitos o estanques descritos por diferentes autores (Menéndez. C y Pérez J.M, 2006). En ocasiones ha sido necesario recurrir al empleo de métodos biológicos en este tratamiento.

El *tratamiento secundario* constituye el proceso principal del sistema de tratamiento para residuales líquidos. Muchos autores (Marsilli, 2005) hacen referencia solamente a la reducción del contenido de materia orgánica por aceleración de los procesos biológicos naturales. En realidad, en esta fase del tratamiento se produce la eliminación tanto de los sólidos en suspensión y compuestos orgánicos biodegradables del residual mediante procesos biológicos, así como la eliminación de otros contaminantes de carácter inorgánico mediante procesos químicos, todo está en dependencia de la composición de dichos residuales.

En el caso de residuales orgánicos el tipo de tratamiento más empleado en este nivel es el biológico, donde se produce la estabilización de la materia orgánica biodegradable mediante la acción de los microorganismos.

Aunque para la mayoría de los casos, el tratamiento secundario sea suficiente, en determinadas circunstancias se hace necesario un tratamiento terciario o avanzado (Junco, J. Z. y González, 2007) en el cual mediante procesos biológicos, químicos, físico - químicos o combinaciones, se logra eliminar otros componentes cuya reducción no ha sido posible en el tratamiento anterior (Santana D. y González JC, 2008). Este tratamiento también se emplea para la eliminación de constituyentes que merecen especial atención como los nutrientes y contaminantes prioritarios o

cuando es necesario obtener efluentes de alta calidad para su reutilización, donde las exigencias normativas incluyen también la separación de compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y en algunos casos, sólidos inorgánicos disueltos (Mettcalf y Eddy, 2000).

Esta etapa adquiere gran importancia en la actualidad debido a la necesidad de una mayor eficiencia en el tratamiento y gestión de las aguas residuales con vistas a lograr la calidad necesaria para su disposición final.

Tratamiento de residuales por neutralización.

El tratamiento por neutralización para la depuración de las aguas residuales según Ramalho, 1996 se utiliza en los siguientes casos:

- Antes de la descarga de aguas residuales en un medio receptor. La justificación para la neutralización es que la vida acuática es muy sensible a variaciones de pH fuera de un intervalo cercano a $\text{pH} = 7$.
- Antes de la descarga de aguas residuales industriales al alcantarillado. Es más económico hacer la neutralización antes de la descarga al alcantarillado que hacerlo después con mayores volúmenes de residuales.
- Antes del tratamiento químico o biológico. En los tratamientos biológicos el pH del sistema se mantiene en un intervalo comprendido entre 6,5 y 8,5 para asegurar una actividad biológica óptima.

Métodos para la neutralización de aguas residuales.

Homogenización: Consiste en mezclar las corrientes, algunas de las cuales son ácidas y otras alcalinas, disponibles en la planta.

Métodos de control directo de pH, que consisten en la adición de ácidos o bases para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas.

Neutralización de las aguas residuales ácidas.

- Lechos de caliza. Este método no se debe usar si la concentración de H_2SO_4 supera el 0,6 %, ya que la caliza se cubre con una capa insoluble de CaSO_4 haciéndola inefectiva y la evolución del CO_2 puede causar problemas.
- Neutralización por cal. Este es el método más común para residuales ácidos debido a su bajo coste, teniendo como desventaja que el control automático de este proceso no es

nada simple, porque la relación entre el pH y la cantidad de cal adicionada no es lineal, particularmente en las cercanías del punto de neutralización.

- Neutralización con sosa caústica. La sosa caústica es más cara que la caliza. Ofrece ventaja con respecto a la uniformidad del reactivo, facilidad de almacenamiento, tiempo rápido de reacción y el hecho de que los productos finales de la reacción (sales de sodio) son solubles.
- Neutralización con carbonato de sodio. El carbonato sódico no es tan reactivo como la sosa caústica, y presenta algunos problemas debidos a la emisión de dióxido de carbono.
- Neutralización con amoniaco. Este reactivo presenta la desventaja de ser contaminante, como consecuencia su uso puede estar prohibido por la normativa de control de la contaminación.

Neutralización de las aguas residuales alcalinas.

Se puede usar para la neutralización cualquier ácido fuerte. Las consideraciones económicas limitan el H_2SO_4 (aunque es el más común) y el ácido clorhídrico. Las reacciones son esencialmente instantáneas.

Los gases residuales que contengan 14% o más de dióxido de carbono, se usan a veces para la neutralización de las aguas residuales alcalinas. Al realizar un burbujeo a través d las aguas residuales, el dióxido de carbono, forma ácido carbónico, que reacciona con la base. La reacción es lenta pero suficiente, si el pH no necesita ser ajustado por debajo de 7 u 8.

Tratamiento de residuales por filtración.

La filtración se basa en el paso del agua residual a través de elementos que detienen, mediante procesos químicos o biológicos, las partículas inertes y muchos microorganismos presentes (Santiago, J. F. y col. 2009).

El empleo de filtros tiene por objeto eliminar sustancias de los vertidos que se hacen pasar a través de los mismos. El único problema que se puede presentar, es a la hora de retirar los materiales que han quedado retenidos, pues a menudo estos contienen sustancias tóxicas o peligrosas que deben ser tratadas antes de su eliminación (Seoanez M y col, 1999).

Entre los tipos de filtrado se encuentran:

Filtros de arena.

- Verticales: no sumergidos, junto con otras sustancias intercaladas.

- Horizontales: filtros normales y galerías filtrantes.

Filtros de otras sustancias.

- Filtración mecánica (de malla milimétrica).
- Filtración mediante hormigón, carbón, porcelana u otros productos.
- Filtración con fibra textil.

Filtración con fibra textil.

Desde el punto de vista práctico, la selección del medio filtrante es decisiva para un buen funcionamiento y rendimiento del filtro. Sirve para soportar la torta que es el verdadero medio filtrante. Sus características han de ser: a) mecánicamente fuerte; b) capacidad para que los sólidos se unan por sus poros en los primeros momentos de la filtración; c) no debe ofrecer resistencia al paso del líquido; d) resistencia química adecuada; e) superficie lisa que permita extraer la torta. (Colectivo de Autores, 2010).

Normalmente se utilizan tejidos, lonas, mallas metálicas, fibras textiles, entre otros. También se usan filtros de lecho granular rellenos de arena y tierra de diatomeas.

En casos en los que exista el riesgo de una obturación rápida del medio filtrante, es necesario aumentar la porosidad de la torta mediante el empleo de un agente coadyuvante de la filtración. Son sustancias que adicionadas a la suspensión original proporcionan un aumento de la clarificación o de la filtración, o ambos efectos a la vez, por medio de factores físicos. A veces se añaden antes de la filtración, sobre la tela, para facilitar ésta desde el comienzo. Sus características son las siguientes: a) Inertes; b) Insolubles; c) Incompresibles; d) Irregularidad de formas y tamaños, lo cual facilita los caminos preferenciales.

Los medios filtrantes a base de materiales fibrosos de naturaleza textil se caracterizan por presentar una elevada eficacia de filtración de partículas de mayor tamaño y una baja resistencia al aire. Sin embargo, en muchas aplicaciones las finuras de los medios filtrantes son críticas ya que deben corresponderse con el tamaño de partícula que pretende capturarse con el sistema de filtrado (Gutiérrez J.C, y col 2012.)

Características de los residuales generados en laboratorios de química.

Según estudios realizados autores como (Serrano, J. H. M. y col. 2006 y Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005), los residuales generados en los laboratorios químicos muestran diversas características entre los que se destacan:

- **Inflamabilidad.** Un residuo químico es inflamable cuando posee cualquiera de las siguientes propiedades:
1. Un líquido cuyo punto de inflamación sea menor que 60 °C;
 2. No es líquido y es capaz, bajo temperaturas y presión estándar, de causar fuego bajo la acción de fricción, absorción de humedad o debido a cambios químicos espontáneos y, cuando se quema tan vigorosamente y persistentemente que crea un peligro;
 3. Un sólido, líquido o gas que elimine o libere oxígeno, ya sea a temperatura ambiente o bajo pequeños calentamientos. Esto incluye peróxidos, cloratos, percloratos, nitratos y permanganatos.
- **Corrosividad.** Un residuo químico exhibe la característica de corrosividad si posee cualquiera de las siguientes propiedades:
1. Una solución acuosa que posee un pH menor o igual a 2, o mayor o igual que 12.5 es considerado corrosivo.
 2. Sólidos que, cuando son mezclados con una parte igual de agua, forman soluciones con un pH como es descrito en el punto anterior.
- **Reactividad.** Un residuo químico exhibe la característica de reactividad si el residuo posee cualquiera de las siguientes propiedades:
1. Cuando se mezcla con agua, reacciona violentamente, forma mezclas potencialmente explosivas, o genera gases tóxicos en cantidades suficientes como para presentar un peligro a la salud humana.
 2. Contiene cianuros o sulfuros que, cuando son expuestos a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5, pueden generar gases tóxicos en cantidades suficientes como para presentar un peligro a la salud humana.
- **Toxicidad.** Una mezcla que tenga una concentración equivalente mayor o igual que 0,001% es una mezcla o residuo tóxico.

- **Carcinógenos.** Si esta mezcla contiene un residuo cancerígeno en una concentración mayor que 0,01%.
- **Persistencia Medioambiental.** Los residuales que contienen un residuo persistente, en concentración total mayor a 0,01% para hidrocarburos halogenados y mayor que 1% para hidrocarburos con 4, 5 y 6 anillos es un residuo peligroso persistente.

Gestión de la contaminación de los residuales generados en laboratorios de química.

Como se comenta anteriormente los elementos esenciales para llevar a cabo una gestión adecuada de los residuos cuyo objetivo fundamental es minimizar lo más posible el volumen de generación y toxicidad de los mismos, para ello se analizan las vías para llevar cabo la reducción en la fuente, reciclaje, y tratamiento en el laboratorio.

Reducción en la fuente. Actividad que reduce o elimina la generación de un residuo químico peligroso en un proceso. Los elementos de reducción en la fuente son los siguientes: (Serrano. J. H y col, 2006; Matas, LL. y col. 1995; Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005).

1. Cambio de reactivos. La generación de residuos de solventes puede ser reducida sustituyendo los solventes por otros materiales menos tóxicos o seguros medioambientalmente hablando. Por ejemplo, detergentes biodegradables podrían ser sustitutos de solventes usados para limpiar.
2. Cambios de procedimientos y operación. Aspectos de la vida diaria pueden ser extremadamente importantes en la reducción de residuos. "Buena operación" o "buena administración doméstica" incluyen el entrenamiento de los usuarios, control de inventarios, incentivar la propia iniciativa de los usuarios para aumentar la conciencia de la necesidad para la minimización de residuos, y reforzar la mantención de requerimientos para el uso de metodologías preventivas en un esfuerzo para reducir el número de fugas y derrames.
3. Implementación de políticas rígidas de procedimientos. Los usuarios de químicos deberían procurar establecer procedimientos. La siguiente guía ayudará al control de la generación de residuos químicos:
 - Adquirir material no tóxico o el menos tóxico para el uso.

- Uso de productos compatibles. Por ejemplo, utilizar uno o el mínimo número de solventes como para que el laboratorio o el departamento encargado aumente la reciclabilidad de los residuos que son generados.
- Comprar sólo lo necesario. Un sobre stock significa tanto un elevado capital como pérdidas por derrames o acumulaciones de reactivos no utilizados, por vencimiento de los químicos.
- Tratar de adquirir materiales en contenedores del tamaño y la cantidad necesitada.
- Promover el uso en conjunto de los químicos o el intercambio de los mismos entre usuarios comunes.
- Evitar ordenar químicos con una limitada vida segura. Tales químicos deberían sólo ser ordenados para satisfacer la necesidad, para evitar hacer obsoleto el inventario.
- Mantener un inventario dinámico para los materiales en stock.

Reciclo. Incluye tanto la reutilización, como la recuperación. El reciclaje puede ser visto como cualquier actividad que reduce el volumen de residuos peligrosos y/o tóxicos con la generación de un material valioso o una corriente de energía. Reutilización, recuperación, y reciclaje deberían ser las primeras consideraciones antes de clasificar un químico como un desecho. El *Programa de residuos químicos peligrosos* implementará varias actividades de reciclaje que los facultativos universitarios (laboratoristas en el caso de empresa e instituciones) están obligados a utilizar. Estas actividades (Serrano. J. H y col, 2006; Matas, LL. y col. 1995; Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005) incluyen:

1. Altas generaciones de solventes puros y formalina para laboratorios, a través de destilación.
 2. Redistribución de excedentes de químicos a través de la red universitaria.
 3. Recuperación de plata de ensayos con fotografía fija.
- **Tratamiento en el punto de generación, el laboratorio.** El tratamiento es la reducción o eliminación de la toxicidad de un residuo químico peligroso (Serrano. J y col, 2006; Matas, LL. y col. 1995; Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005) por:
1. **Alteración de los constituyentes tóxicos** del residuo a formas menos tóxicas o no tóxicas.
 2. **Disminución de la concentración de constituyentes tóxicos** en el residuo, significando esto otros distintos a la dilución. Los pasos de tratamiento están incluidos como parte de el

procedimiento de laboratorio (por ejemplo en el mismo laboratorio donde y cuando lo subproductos son generados) previniendo la inclusión de subproductos en la regular corriente de residuos. Idealmente, estos pasos de tratamiento deberían estar escritos en todos los procedimientos de laboratorio.

Otras alternativas son valoradas para disminuir los volúmenes de químicos usados en experimentos de laboratorio como se plasma en el Proyecto Fondef D97F1066 Reglamento de manejo de residuos peligrosos de la Universidad de Concepción, Chile, 2008.

- Utilizar pequeños volúmenes de químicos en laboratorios de docencia. El uso de pequeños volúmenes tiene varias ventajas: reducción de químicos utilizados y de residuos generados, disminución del riesgo de fuego y explosión, y reducción de la concentración de vapores orgánicos perjudiciales en el aire del laboratorio.
- Aumentar el uso de instrumentos. Los análisis instrumentales requieren minutos para determinaciones cuantitativas.
- Identificar usuarios comunes de un químico particular. Esto aumentará el uso en conjunto de químicos y minimizará los requerimientos de almacenaje.
- Uso de servicios del programa de residuos químicos peligrosos para la redistribución de químicos, o destilación de solventes acuosos y formaldehído.
- Mantener la segregación individual de corrientes residuales. Separar los residuos químicos peligrosos de los no peligrosos y los residuos químicos reciclables de los no reciclables.
- Desarrollar un dinámico inventario de los químicos de laboratorio para minimizar la acumulación. Asegurar que todos los químicos en desuso y los residuos químicos estén apropiadamente etiquetados. Rotar el inventario de químicos, utilizando químicos antes que su vida de uso seguro expire.
- Sustituir con químicos menos peligrosos.
- Asegurar que los usuarios de químicos están instruidos en buenas técnicas de experimentación.
- Pesado previo de algunos de los químicos para uso de estudiantes.
- Reciclo, o tratamiento de residuos químicos peligrosos como la última etapa en los experimentos.

- Implementación de estrictos procedimientos de chequeo para facultativos, laboratoristas, y estudiantes en los casos requeridos.

Tratamiento por neutralización de los residuales generados en laboratorios de química.

El tratamiento en el punto de generación, de los residuos químicos peligrosos a nivel de laboratorio, minimiza los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente, a su vez reduce o elimina las características que hacen a un residuo químico, un residuo peligroso. Uno de los métodos más utilizados para el tratamiento de residuales líquidos de laboratorios es la neutralización.

El procedimiento que se recomienda seguir y que requiere de la supervisión del especialista en manejo de residuos peligrosos es el siguiente: (Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005)

- Lentamente diluya el residual de 1:10 con agua fría, adicionando el residuo en el agua.
- Adicione 30 mg/l de fosfato de sodio o 20 mg/l de fosfato hidrógeno de sodio en el residuo diluido.
- Mientras se agita, lentamente adicione hidróxido de sodio 1 N diluido hasta que la solución obtenga un pH entre 5.5 y 12.

También se plantea en la literatura (Momplet y Esteban, 1995) otro procedimiento para realizar el proceso de neutralización:

1. Para neutralizar ácidos orgánicos, sales ácidas y soluciones ácidas:

- Diluir con agua aproximadamente a 1:5.
- Neutralizar hasta pH 6 – 8, añadiendo lentamente hidróxido de sodio en solución o en escamas.
- Los ácidos o soluciones ácidas derramadas se cubren con un exceso de hidróxido de calcio o con bicarbonato de sodio.

2. Para neutralizar bases, aminas, sales básicas y soluciones básicas:

- Diluir con agua aproximadamente a 1:5.
- Neutralizar hasta pH 6 – 8, añadiendo lentamente ácido sulfúrico diluido.
- Terminada la neutralización la solución resultante se diluye 1:10.

En la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Cuba se realizan estudios a los residuales líquidos generados en los laboratorios docentes de química en vistas de determinar qué tipo de tratamiento se debe aplicar a los diversos residuales generados en cada práctica de Laboratorio, previa a su vertimiento, para ello se toma en consideración la caracterización de los mismos. Los parámetros que se tienen en cuenta son:

Análisis organoléptico, determinaciones de volumen y densidad.

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis organoléptico, determinaciones de volumen y densidad de los residuales líquidos generados en prácticas de laboratorios.

Dónde: PQG es Prácticas de Química General.

PAQ es Prácticas de Análisis Químico.

Según Referencias de planificación docente y técnicas operatorias de las prácticas de laboratorios desarrollar en los laboratorios docentes de química la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. En el curso 2012 - 2013

TABLA 1 Características generales de los residuales estudiados.

Residual.	Análisis Organoléptico	Volumen (L)	Densidad (g/mL)
Residual PQG-1	Líquido de color verde con olor característico a amoníaco, con presencia de sólidos en suspensión.	3,5	0,9995
Residual PQG-2	Líquido incoloro, inodoro y con presencia de espuma.	3,2	0,9980
Residual PQG-3	Líquido de color amarillo con olor característico a hidrocarburos.	2	1,0009
Residual PAQ-1	Líquido de color violeta, inodoro	10	0,9975
Residual PAQ-2	Líquido de color rojo con olor característico a amoníaco, con presencia de sólidos en suspensión.	11,5	0,9965
Residual PAQ-3	Líquido de color ámbar, inodoro.	5	1,013

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis organoléptico de las muestras estudiadas que se observan en la tabla anterior se puede concluir, que todos los residuales generados son líquidos acuosos y en su mayoría coloreados. Los residuales PQG-1 y PAQ-2 muestran sólidos en suspensión o indicios de turbidez.

El olor de éstos residuales se corresponde con el olor de los componentes mayoritarios durante el desarrollo de la práctica.

Los volúmenes obtenidos de los residuales que se estudian se encuentran en el rango de 2 L – 12 L, con un valor medio general de 7,5 L lo cual coincide con los valores reportados por Laucerica. J, 2007 que obtuvo residuales con volúmenes promedios de 8.9 L en otras fuentes los rangos se encuentran entre los 4 y 10 Litros (Reglamento de manejo de residuos peligrosos, 2005).

Los valores de densidad explican la naturaleza acuosa de éstos residuales, por ser el agua el principal disolvente de los ensayos químicos y las operaciones de limpieza. Las densidades de las muestras estudiadas, son comparables a la densidad del agua, con valores ligeramente inferiores y superiores a ésta magnitud, coincidente con los valores de densidad obtenidos en estudios previos (Laucerica. J y Hernández. V, 2001; Laucerica. J, 2007)

Determinación de la conductividad y el pH.

La conductividad es una medida importante de la calidad del agua, ya que indica la cantidad de materia disuelta en la misma. En la figura 3 se muestran los valores de conductividad para los residuales estudiados. De igual forma se muestran los valores de pH, los cuales dan una medida de la peligrosidad de un residual por corrosividad, es importante conocer los valores de pH que poseen los mismos, el rango reportado como peligroso según reportan autores como Serrano, J. H. M. y col. 2006 y Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005, se encuentra entre $\text{pH} \leq 2$ o ≥ 12 .

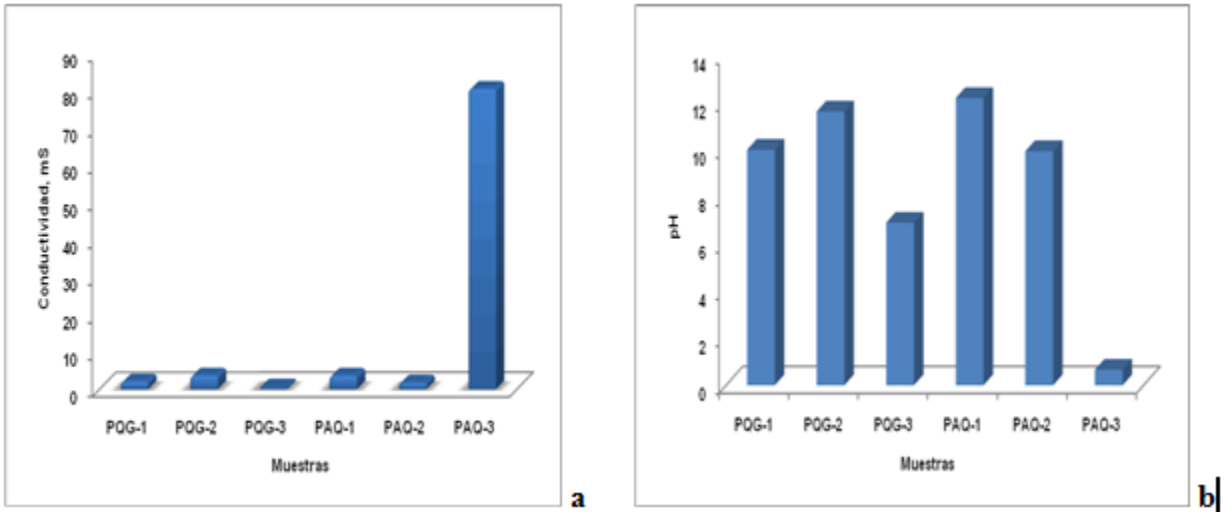


Figura 3 Comportamiento de a: la conductividad y b: el pH de los residuales estudiados.

Fuente: Elaboración propia

Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La determinación de los niveles de oxígeno disuelto en aguas naturales y residuales es una prueba clave para evaluar la calidad del agua. El gráfico de la Figura 4 a muestra el comportamiento de este parámetro en las muestras analizadas.

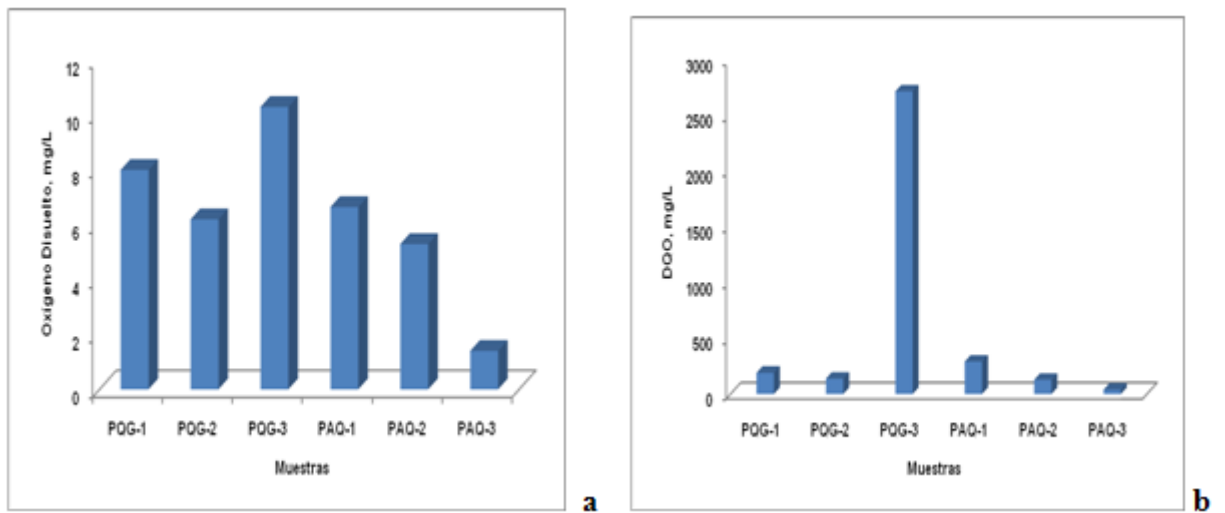


Figura 4 Comportamiento de 4a: oxígeno disuelto (OD) y 4b: Demanda Química de Oxígeno (DQO) de los residuales. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que se muestran en la figura anterior, hacen referencia a los valores de oxígeno disuelto de cada residual. Las muestras PQG-1, PQG-2, PAQ-1, Y PAQ-2 tienen valores comparables a los del agua, lo que coincide con lo que reportan estudios realizados por Lauceric. J, 2007. El residual PAQ-3 posee un valor de 1,4 mg/L, el cual se considera un valor muy bajo y el resto de las muestras oscilan entre 5,3 - 10,3 mg/L, referido a este parámetro poseen una buena calidad.

En la figura 4 b se referencian los valores obtenidos de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se puede observar que el residual PQG -3 presenta el valor más elevado de DQO (2724 mg/L), lo cual indica un alto contenido de materia orgánica, debido a la presencia de azúcares, ácido cítrico y xileno como muestra la técnica operatoria de PQG- 3, según se refiere en el documento Planificación docente y técnicas operatorias de las prácticas de laboratorios desarrollar en los laboratorios docentes de química la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. En el curso 2012 – 2013. El resto de los residuales muestran resultados relativamente bajos de DQO, que oscilan 40 y 292 mg/L, lo cual está en correspondencia con la naturaleza de los residuales, que poseen en su composición, baja carga orgánica y la composición inorgánica es resistente a la oxidación química.

Resultados de la determinación de Sólidos totales, sólidos totales fijos y sólidos totales volátiles.

Según se observa en la figura 5 la muestra de mayor valor de Sólidos Totales es el residual PAQ-3, ya que en esta práctica se utilizan cantidades considerables de ácido sulfúrico, dicromato de potasio, permanganato de potasio, entre otros. Para el resto de los residuales, los valores de sólidos son algo superiores a los obtenidos para el agua natural, justificándose por la composición de los mismos. (Referencias de planificación docente y técnicas operatorias de las prácticas de laboratorios desarrollar en los laboratorios docentes de química la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. En el curso 2012 – 2013)

El valor de los sólidos totales volátiles para el residual PAQ-3 se puede explicar por la incidencia del ácido sulfúrico, que a pesar de ser un compuesto inorgánico, presenta elevada temperatura de ebullición, comportándose como materia orgánica. Para el resto de las muestras, los valores de sólidos totales fijos (componentes inorgánicos) son superiores que los sólidos totales volátiles, dada la naturaleza de los reactivos que se emplean en las prácticas. En cuanto a los sólidos sedimentables se observa en la que el residual que presenta mayor contenido de sólidos sedimentables es la muestra PQG-1, debido a las sales insolubles que se forman por la combinación de los reactivos empleados en la práctica.

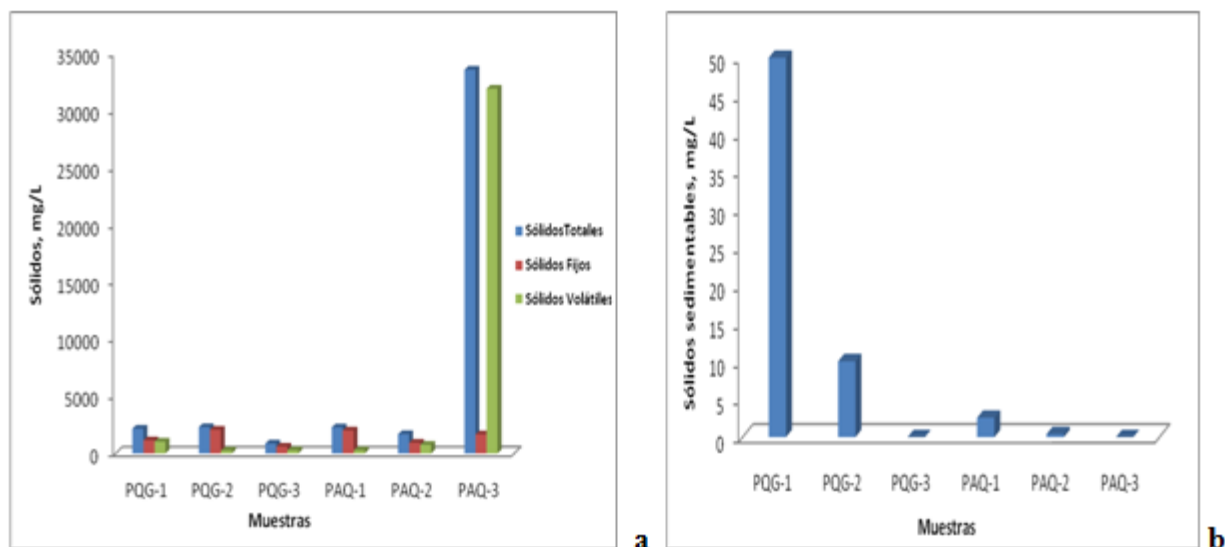


Figura 5 Comportamiento de los sólidos totales, fijos y volátiles (5a) y sólidos sedimentables (5b) en los residuales.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los resultados de la caracterización físico química de los residuales estudiados se puede observar que la mayoría de los residuales son básicos, donde se debe destacar la muestra PAQ-1, con un valor de pH = 12,22 (peligroso por corrosividad), al igual que el residual PAQ-3, que presenta un pH = 0,66, lo que provoca daños en las instalaciones del desagüe. También se puede apreciar que todos los valores de OD son comparables al agua potable, excluyendo el residual PAQ-3, que presenta un resultado muy bajo, y pueden afectar la vida acuática en la zona donde sean vertidos los residuos.

La materia orgánica, determinada a través de la DQO es elevada solo en el residual PQG-3 que se encuentra por encima de la norma de vertimiento para aguas terrestres y alcantarillados (NC 27, 1999), lo que hace que este residual sea considerado como muy peligroso.

Resultados del tratamiento de los residuales estudiados.

Una vez caracterizados los residuales se procede al tratamiento de los mismos. Uno de los tratamientos químicos comunes de residuales es la filtración, y para el caso de los residuales de laboratorio se utilizó una fibra textil, teniendo en cuenta que se caracterizan por presentar una elevada eficacia. (Gutiérrez J.C, y col 2012.)

La segunda etapa la constituyó la neutralización y para el caso particular de los residuales de laboratorios académicos se recomienda por Momplet y Esteban, 1995 hacerlo después de una dilución 1:5, procedimiento que se utiliza en esta investigación, se selecciona el residual más ácido que se genera en las prácticas de Análisis Químico (PAQ-3) y el residual más básico que se obtiene en las prácticas de Química General (PQG-2), se realiza la comparación de los residuales seleccionados, antes y después de someterlos a las etapas de tratamiento. Los parámetros analizados son: sólidos sedimentables y sólidos totales respectivamente. En ambos casos se logra una disminución significativa de los valores analizados, lo cual demuestra la efectividad del tratamiento empleado, a través del cálculo de % remoción, siendo estos de 100% para PQG-2 en Sólidos Sedimentables y de 82% de Sólidos Totales y para la muestra PAQ-3 de 91% de remoción para el parámetro Sólidos Totales.

Los valores de DQO determinados antes y después de las etapas de tratamiento realizadas, muestran porcentos de remoción más bajos, debido a que las características de los residuales basados en los reactivos que la componen son en su mayoría inorgánicas siendo sus valores de 45% de remoción para PQG-2 y de 57% para PAQ-3.

Posterior a la filtración se procede a neutralizar los residuales y para ello se emplearon como agentes neutralizantes (H_2SO_4 5% y NaOH 5%).

CONCLUSIONES

Para minimizar el impacto que causan al ser vertidos los residuales líquidos generados en los laboratorios docentes de química que poseen como características: volúmenes medios de 7,5 L, en su mayoría coloreados, con densidades similares a las del agua, con valores de pH ácidos, básicos y neutros, donde predominan los básicos, contenidos relativamente altos de materia orgánica y valores de sólidos totales (33568 mg/L); se realiza un tratamiento en el origen de su generación que consiste en filtración, con muy buenos resultados el porcentaje de remoción y neutralización los cuales permiten que los mismos cumplan con la calidad requerida para su vertimiento en el sistema de tratamientos de residuales.

BIBLIOGRAFIA

1. Águila, I; Ríos, L. 2009. Programa para la disminución de residuos en los laboratorios químicos de universidades cubanas.
2. APHA, AWWA, WPCF, 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.17^a Edición.
3. Benavides, L. 2007. Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos. Organización Panamericana de la Salud [en línea] [Consulta: diciembre 23, 2012]. Disponible en: <http://www.cepis.opsoms.org/cdromrepi86/fulltexts/.html>.
4. Blázquez, S. 2004. Residuos de laboratorio. Alicante: Universidad de Alicante [en línea]. [Consulta: noviembre 15, 2012]. Disponible en: <http://www.ua.es/es/servicios/residuos/index.html>.
5. Colectivo de Autores. 2010. Curso Abierto de Operaciones Unitarias, Tema 6, Filtración. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Sevilla. España.
6. Díaz, B. R. 2006. Tratamiento de aguas y aguas residuales. Segunda Edición. Editorial Félix Varela. 515 p. ISBN 959-07-0263-5.
7. Doménech. Xavier, 1993. Química ambiental. El impacto ambiental de los residuos.4ta edición.
8. Fania, J. N. 2000. Evaluación rápida de la contaminación hídrica. Ediciones. Grupo Hidroecologico Nacional,In. Edicion 66. Ambiente ecológico [en línea]. [Consulta: noviembre 24, 2012]. Disponible en:www.ambiente.ecológico.com/067-02-2000/juannicolafania67.htm.
9. Gadea E y Guardino X, 2009. NTP 276: Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales
10. Gutiérrez J.C y col, 2012. Nanofiltex de materiales compuestos nanoestructurados. Estudio de sus propiedades como elementos filtrantes de alta eficiencia. Proyectos de AITEX con financiación pública. Universidad de Andalucía. España.
11. Hall. H, Matley. J y Mc Naughton. K, 2001. Chemical Engineer. Current Cost of process equipment.

12. Hernández, M. A. 1998. Depuración de Aguas Residuales. Ed. Madrid. 1006 p. ISBN: 84-380-0138-6.
13. Hönerhoff, J. 2005. Manual de buenas prácticas de manejo de aguas en las empresas.
14. Izquierdo. E y Menéndez. C. 2008. Manual Práctico. Tratamiento biológico de aguas residuales.
15. Junco, J. Z.; González, J.C. 2007. Metodología para el Monitoreo y Control de la Contaminación. Curso de Maestría de Contaminación Ambiental. Junio, 18.
16. Laucerica, J. L. 2007. Caracterización físico química y tratamiento de residuales de laboratorios químicos académicos. Matanzas (72) p. Trabajo de Diploma. Facultad de Ingenierías. Universidad de Matanzas.
17. Laucerica, J. L; Hernández, V, 2001. Contaminación por residuales líquidos de laboratorios docentes de química. Estrategias para su minimización. Evento provincial Ecojuven. Matanzas.
18. López, J. E, 2004. Guía práctica para tratamiento de desechos de los análisis de DQO. Santiago de Cali: Universidad del Valle. 30 p
19. Marsilli. A. 2005. Tratamiento de aguas residuales [en línea] [Consulta: marzo 19 2012]. Disponible en: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>.
20. Martínez. J y col, 2005. Guía para la gestión integral de los residuos peligrosos, Montevideo. Uruguay.
21. Matas, LL. y col. 1995. Laboratory Wastes. Chemical Wastes Minimization in University Laboratories. Wastes Minimization and clean production. Proceeding of the second international conference. Barcelona.
22. Menéndez. C y Pérez J.M, 2006. Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales.
23. Mettcalfe y Eddy, 2000. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. 3ra.ed. Mc Graw. Hill Interamerica de España. S.A.U. 409 p.
24. Momplet y Esteban. 1995. Seguridad en el Laboratorio químico. Tratamiento de residuales de laboratorio. Panreac.

25. Moreno, J; Buitrón G. 2004. Event - driven control for treating oxidants in aerobic sequencing batch bioreactors. 9th Symposium Computer Applications in Biotechnology, 28-31/Marzo. Francia.
26. NC 27: 1999. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
27. Osicka, Rosa M. y col. 2005. Guía para el manejo de residuos químicos en el laboratorio. Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Argentina.
28. Padilla Hernández, Eduardo. 1999. Tratado de derecho ambiental. Comentarios Jurisprudencia. Doctrina – Legislación. Primera Edición. Ediciones Librería del Profesional. ISBN: 958-635-328-1. p.805.
29. Proyecto Fondef D97F1066, 2008. REGLAMENTO DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS de la Universidad de Concepción. Chile.
30. -Ramalho, R. S. 1996. Tratamiento de aguas residuales. 2^{da} Edición. Barcelona: Reverté. S.A. 705 p. ISBN 84-291-7995-5.
31. Referencias de planificación docente y técnicas operatorias de las prácticas de laboratorios desarrollar en los laboratorios docentes de química la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Curso 2012 – 2013.
32. Reglamento de Manejos de Residuos Peligrosos, 2005. Universidad de Concepción. Santiago de Chile.
33. Rolim, M.S. 2000. Sistemas de lagunas de oxidación. Editorial. Mc Graw. Hill Interamericana S.A. 370 p.
34. Sánchez Roque, O, 2009. Gestión Ambiental de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a partir de un Sistema de Información Geográfica. Matanzas (76 h) Tesis presentada en opción al título Académico de Máster en Gestión Ambiental y Protección de los Recursos Naturales. Universidad de Matanzas.
35. Santana D y González JC, 2008. Uso de plantas acuáticas en el tratamiento de agua y aguas residuales en la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Tesis de Maestría. Universidad de Matanzas. Cuba.

36. Santiago, J. F. y col, 2009. Programa ramal: Gestión integrada del agua. Proyecto de investigación. Tecnología de filtración físico-biológica para el tratamiento, reuso y disposición de las aguas residuales en polos turísticos. Informe parcial I. Departamento de calidad del agua, INRH –CENHICA.
37. Seoáñez. M, 1999. Aguas residuales: Tratamiento por humedales artificiales. Fundamentos científicos. Tecnologías. Diseño. Ediciones Mundi-Prensa.
38. Serrano, J H y col, 2006. Protección Ambiental y Producción más Limpia. Tabloide Universidad para todos. Editorial Academia. Ciudad de la Habana.
39. Solórzano G., 1996. "Características de las aguas residuales". Copia entregada por CEPIS para estudio e investigación, Cap. I.
40. Tchobanoglous. G y col, 2007. Gestión Integral de Residuos Sólidos. 7ª Edición.
41. Theodore, L; et al. 1999. Waste Management. En PERRY, R. H., et al. Perry Chemical Engineers Handbook [CD-ROM]. 7ma ed. USA: Mc Graw-Hill Companies, INC. Sección 25.
42. Zumalacárregui. B y col, 2003. Problema medioambiental en laboratorios químicos: trabajo para su solución Revista Pedagogía Universitaria Vol. 8 No. 4.